SPEEDCUBE

230V~ Servoregler für bürstenlose Motoren

Installationshandbuch

vorläufig



Produktkurzbeschreibung

SPEEDCUBE ist ein preisgünstiger Servoregler für bürstenlose Motoren. Der Regler ist auf das Wesentliche beschränkt und dennoch sehr universell einsetzbar. Im Gegensatz zum BLAST-Servoregler arbeitet der SPEEDCUBE direkt mit Netzspannung, so das auf einen Transformator verzichtet werden kann. Als Sollwert-Rückführung (Feedback) kann wahlweise ein Absolutencoder (SanyoDenki, Mitsubishi oder Benezan Electronics) oder ein Resolver verwendet werden. Es sind keine speziellen Kommutierungssignale (Hallsensoren) nötig, so dass keine hochpoligen Steckverbinder und Kabel nötig sind.

1 Sicherheitshinweise



Der SPEEDCUBE-Servoregler darf nur von qualifiziertem Fachpersonal installiert und in Betrieb genommen werden. Lesen sie bitte die Bedienungsanleitung sorgfältig durch und beachten Sie alle Anweisungen genau. Eine unsachgemäße Installation oder Bedienung des Geräts kann zu Beschädigungen der Elektronik oder der Maschine führen und Gefahren für die Gesundheit des Bedienungspersonals zur Folge haben. Der Anlagenhersteller, der den Regler und andere Komponenten zur Gesamtanlage zusammenbaut, und der Anlagenbetreiber sind für die Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften verantwortlich.

Achtung Lebensgefahr! Das Gerät kann mit Spannungen bis 250V~ betrieben werden. Im Störungsfall können kurzzeitig Spannungsspitzen bis 400V auftreten. Wenn Sie die Anlage mit mehr als 60V betreiben, darf die Installation und Inbetriebnahme nur von einem ausgebildeten Elektriker durchgeführt werden, bzw. muss von einem solchen abgenommen werden. Maschine, Motor und Gehäuse müssen vorschriftsmäßig geerdet werden.

Beachten Sie bitte auch, dass sich computergesteuerte Anlagen bei Software- oder Bedienungsfehlern jederzeit und unerwartet in Bewegung setzen können. Der SPEEDCUBE Servoregler kann kurzzeitig Spitzenleistungen von bis zu 3kW abgeben. Dies kann zur Folge haben, dass Maschinenteile so stark beschleunigt werden, dass eine rechtzeitige Abschaltung durch Betätigung des Nothalt-Schalters nicht mehr möglich ist. Wenn die Antriebe Ihrer Maschine schnell bzw. stark genug sind, schwere Verletzungen zu verursachen, müssen diese mit Schutztüren oder anderen geeigneten Maßnahmen (Lichtschranken, Zwei-Hand-Schalter etc.) abgesichert werden, so dass der Zugriff zum Gefahrenbereich bei aktiven Antrieben verhindert wird. Bitte informieren Sie sich über die geltenden Vorschriften.

Für Schäden oder Verletzungen, die durch Missachtung der Sicherheitsvorschriften oder unsachgemäße Verwendung entstehen, wird keine Haftung übernommen.

2 Systemvoraussetzungen

Um ein funktionsfähiges Antriebssystem zu erhalten, sind zusätzlich zum Servoregler folgende Komponenten erforderlich:

1. Einen permanenterregten Servomotor mit einem Nennstrom zwischen 1 und 6A und einem geeigneten Positionssensor (Encoder oder Resolver) (Details siehe „Geeignete Motoren“, unten)
2. Für Motoren ab 110V Nennspannung: einen Entstör-Netzfilter und ggf. eine Netzdrossel
   Für Motoren mit kleinerer Nennspannung: einen geeigneten Transformator oder ein Netzteil
3. Eine Signalquelle für das Schritt- und Richtungssignal zur Ansteuerung der Endstufe. Dies kann ein PC mit entsprechender Software (z.B. Mach3), eine externe CNC-Steuerung (z.B. USB-CNC), oder zu Testzwecken auch ein Frequenzgenerator sein.
4. Ein Programmieradapter „ProgPlug“, ein USB-Kabel und ein PC mit Software zur Einstellung der Regelparameter. (Zum normalen Betrieb nach der Inbetriebnahme werden diese Utensilien nicht mehr benötigt)

2.1 Geeignete Motortypen

ergänzen

2.2 Unterstützte Positionssensoren

Um die Regelschleife zu schließen, muss am Servomotor ein Positionssensor angebracht sein, mit dem die Erfassung der Rotorposition und -geschwindigkeit möglich ist. Der SPEEDCUBE Servoregler unterstützt mehrere Typen von Sensoren:

1. Resolver (analog): Dieser Sensortyp basiert auf dem Prinzip des Transformators mit rotierender Wicklung. Er liefert zwei Sinus/Cosinus-amplitudenmodulierte Signale, mit dem nicht nur die zurück gelegte Strecke sondern auch die absolute Winkellage des Rotors ermittelt werden kann. Ein weiterer Vorteil ist die hohe Robustheit, da keine empfindlichen Teile (Optik, Elektronik) vorhanden sind. Die erreichbare Auflösung ist vergleichbar mit einem digitalen Encoder mit 2000-4000 Strichen.

2. Absolutencoder (digital): Auch dieser Encodertyp liefert als Information die absolute Rotorlage. Er liefert ein digitales, seriell binärcodiertes Signal. Zur Zeit werden drei Typen unterstützt:
   a) Absolutencoder von Sanyo Denki - diese Encoder werden in der R2- und Q1-Motorserie eingesetzt und liefern eine Auflösung von 17 Bit (131072 Schritte/Umdrehung). Es können Single-Turn- und Multi-Turn-Typen verwendet werden, die Multi-Turn-Information wird aber nicht ausgewertet.
   b) Absolutencoder von Mitsubishi - diese Encoder werden in der KFS-Motorserie eingesetzt und liefern eine Auflösung von 17 Bit (131072 Schritte/Umdrehung).
   c) Absolutencoder von Benezan Electronics – diese Encoder werden in der BL3A-Motorserie eingesetzt und haben eine Auflösung von 14 Bit (16384 Schritte/Umdrehung)

   Alle Absolutencodertypen benötigen nur ein 4-adriges Kabel und 5-polige Sensorsteckverbinder (M12), was die Verdrahtung stark vereinfacht.
3. Glasmaßstäbe und magnetische Längenmeßsysteme: Auf Anfrage (derzeit noch nicht unterstützt)
4. Inkrementalencoder (digital): Auf Anfrage (derzeit noch nicht unterstützt)
5. Sinus/Cosinus-Inkrementalencoder (analog): Auf Anfrage (derzeit noch nicht unterstützt)

3 Hardware Installation

3.1 Montage

Der Servoregler ist zur Montage auf einer 35mm DIN-Schiene („Hutschiene“) innerhalb eines Schaltschranks oder ähnlichen Gehäuses vorgesehen. Das Gerät muss unbedingt vor Verschmutzung wie Staub, Späne oder Flüssigkeiten geschützt werden.

ergänzen

3.2 Kühlung

Zur besseren Wärmeabfuhr kann auf der Oberseite des Servoreglers ein handelsüblicher Kühlkörper für PC-Prozessoren vom Typ LGA1055, LGA1056 oder AMD2 montiert werden. Die erforderliche Kühlleistung ist abhängig von der Umgebungstemperatur, der elektrischen Leistung des Servomotors und den Belastungsverhältnissen. Bei reinem Positionierbetrieb mit geringer Last (Plasma- und Laserschneider, 3D-Drucker) kann es sein, dass man völlig ohne Kühlkörper auskommt. Muss der Motor dagegen dauerhaft gegen hohen Widerstand arbeiten, ist mehr Erwärmung zu erwarten.


Abbildung 1: Lüfteranschluss

Die folgende Tabelle gibt eine ungefähre Empfehlung für den erforderlichen Kühler an:

Tabelle ergänzen

Der SPEEDCUBE verfügt über einen Anschluss für einen Lüfter mit Drehzahlregelung. Es können sowohl Lüfter mit drei- als auch mit vierpoligem Stecker verwendet werden. Der Drehzahlsensor wird nicht ausgewertet. Die Lüfterdrehzahl wird nur über die Spannung in Abhängigkeit von der Kühlkörpertemperatur gesteuert. Bei Überschreiten der Maximaltemperatur (ca. 80°C) wird ein Alarm ausgelöst und der Regler abgeschaltet, um eine Beschädigung der Leistungshalbleiter zu vermeiden.

Montage des Kühlers LGA1055 mit Spacer-Platte

Montage des Kühlers AMD mit Bügel, Montage anderer Kühlertypen

3.3 Leistungsanschluss

Auf der 8-poligen Schraubklemme sind alle Leistungsanschlüsse für Spannungsversorgung und Motor zusammengefasst. Im Bild rechts sind die Anschlüsse von links nach rechts durchnummeriert.

Nr.	Signal	Beschreibung
1	U	Motor
2	V	
3	W	
4	BR	Bremswiderstand
5	V-	Zwischenkreis (negativ)
6	V+	Zwischenkreis (positiv), Bremswiderstand
7	N	Netzanschluss bzw. Netzteil
8	L	


Abbildung 2: Leistungsanschluss

Der Schutzleiter ist an einer der M4-Schrauben oben links an der Deckplatte des Gehäuses anzuschließen. **Achtung**: der Anschluss von Netzspannung an irgend einen anderen Anschluss als Klemme Nr. 7 und 8 kann zur sofortigen Zerstörung der Leistungselektronik führen. Vergewissern sie sich vor der Inbetriebnahme, dass der Regler vorschriftsmäßig geerdet ist, und der Motor an den Klemmen 1-3 (auf dem Bild links) angeschlossen ist.

Spannungsversorgung

Der Servoregler hat zwei getrennte Spannungsversorgungen für den Leistungsteil (230V~, siehe oben) und den Steuerteil (24V=, siehe unten). Beide Stromkreise sind galvanisch voneinander getrennt und dürfen unabhängig und in beliebiger Reihenfolge an- und abgeschaltet werden.

Nr.	Beschreibung
1	GND (Masse)
2	+24V

Pin Nr. 1 befindet sich oben (in Richtung Leistungsanschluss, gegenüber der SUBD-Buchse).

Motoranschluss

Für das Motorkabel muss abgeschirmtes Kabel verwendet werden. Schirm und Schutzleiter sind an einer der M4-Schrauben oben links an der Deckplatte des Gehäuses anzuschließen. Bei Gleichstrommotoren werde nur die Klemmen 1 (U) und 2 (V) benötigt.

Bremswiderstand

Falls ein Bremswiderstand benötigt wird, kann dieser An den Klemmen 4 und 6 angeschlossen werden. Der Bremswiderstand dient zur „Vernichtung“ überschüssiger Energie, wenn der Motor als Generator arbeitet, da diese nicht ins Netz zurückgespeist werden kann.

Achtung: Bedingt durch die internen Speicherkondensatoren führt der Zwischenkreis (Klemmen Nr. 5 und 6) auch nach dem Abschalten der Versorgungsspannung noch bis zu mehreren Minuten hohe Spannungen von bis zu 400V. Vergewissern Sie sich vor allen Arbeiten an den Leistungsklemmen unbedingt, dass die Power-LED erloschen ist, und warten Sie danach noch mindestens zwei Minuten.

Drehstromnetz



Achtung! Der SPEEDCUBE Servoregler ist nicht für den direkten Anschluss an das 400V~ Drehstromnetz ausgelegt. Ein Anschluss einer höheren Spannung als 250V~ führt zur sofortigen Zerstörung des Leistungsteils, und ist unter allen Umständen zu vermeiden. Falls Sie mehrere Servoregler auf separate Phasen verteilen, ist unbedingt sicherzustellen, dass jeder Regler zwischen nur einer Phase (230V~) und Neutralleiter (N) angeschlossen wird. Falls die Maschine nicht fest angeschlossen wird, dürfen nur solche Netzstecker verwendet werden, die über einen Neutralleiter verfügen. Eine Unterbrechung des Neutraleiters kann zu einer ungleiche Aufteilung der Phasen-Spannungen führen und Schäden durch Überspannung verursachen.

Netzfilter

Der Servoregler muss unbedingt mit einem geeigneten Netzfilter betrieben werden. Ein direkter Anschluss an das Stromnetz ist nicht nur wegen der Strörabstrahlung (EMV) problematisch, sondern führt wegen der hohen Stromimpulse auch zu einer erhöhten Belastung von Gleichrichter und Elektrolytkondensatoren im SPEEDCUBE, und damit zu einer verminderten Lebensdauer. Es werden Filter für Frequenzumrichter empfohlen, die sie von Benezan Electronics als Zubehör angeboten bekommen. Kleinere Netzfilter, z.B. mit integrierter Kaltgerätebuchse sind ungeeignet, weil sie nur hohe Frequenzen (z.B. von Schaltnetzteilen) ausfiltern, die eher niederfrequenten Oberwellen aber nicht genügend dämpfen.

Falls mehrere Regler an separaten Phasen betrieben werden, ist entweder für jede Phase ein getrennter, 1-phasiger Filter (L, N) erforderlich, oder es muss ein 3-phasiger Filter benutzt werden, der auch den Neutralleiter mit einschließt (sog. 4-Leiter-Filter, L1, L2, L3 N). Ein normaler, 3-phasiger Filter für Frequenzumrichter (L1, L2, L3) ist ungeeignet, da die Last nicht symetrisch sein muss, und sonst Störungen über den Neutralleiter den Filter umgehen.

Absicherung und FI-Schalter

Bei Betrieb an normalen Steckdosen, die mit maximal 16A abgesichert sind, ist keine weitere Sicherung mehr nötig. Beim Anschluss an Industrie-Steckdosen oder Festanschluss mit mehr als 16A muss ein Sicherungsautomat oder eine Schmelzsicherung mit 10 oder 16A vorgesehen werden. Ein extra Motorschutzschalter ist nicht erforderlich, weil der Motor durch die I²t-Schutzfunktion des Reglers vor Überhitzung geschützt wird (natürlich vorausgesetzt, die Parameter sind korrekt eingestellt).

Der Betrieb des Servoreglers (sowie auch aller anderen Arten von Frequenzumrichtern) kann an gewöhnlichen Haushalts-FI-Schutzschaltern Probleme bereiten. Der FI-Schutzschalter kann bedingt durch den Ableitstrom des Filters oder des Einschaltstromstoßes ungewollt auslösen. Insbesondere, wenn mehrere Verbraucher an einem einzigen FI-Schalter betrieben werden, oder alle Stromkreise des ganzen Hauses, der Wohnung oder Werkstatt am selben FI-Schalter angeschlossen sind, können sich alle Ableitströme aufsummieren, und über der Auslöseschwelle liegen. Es wird deshalb empfohlen, für jede Maschine mit Servoreglern oder Frequenzumrichter, einen eigenen Stromkreis mit extra FI-Schalter vorzusehen.

3.4 Encoderanschluss

Der Positionssensor (Encoder oder Resolver) wird mit einem RJ45-Kabel angeschlossen. Je nach Sensortyp gelten unterschiedliche Anschlussbelegungen.

Inkrementalencoder (digital)

Inkrementalencoder RJ-45 Buchse		Aderfarbe
1	Quadratursignal Spur A+	weiss/orange
2	Quadratursignal Spur A-	orange
3	Quadratursignal Spur B-	weiss/grün
4	(Indexsignal Z+)	blau
5	(Indexsignal Z-)	weis/blau
6	Quadratursignal Spur B+	grün
7	+5V Versorgung Ausgang, max. 150mA	weiss/braun
8	GND (Signalmasse)	braun

Für inkrementelle bzw. digitale Encoder wird die linke untere RJ45-Buchse (silbern, auf der Seite mit den LEDs) benutzt. Pin 1 liegt auf der oberen Seite in Richtung der LEDs. Es wird empfohlen, Encoder mit differentiellen Signalen (RS422) zu verwenden. Dies erhöht die Störfestigkeit erheblich. Bei Encodern mit nur einem Pin je Spur wird nur der A+ und B+ Pin benutzt, A- und B- bleiben offen. Es ist zu bedenken, dass die einfache Anschlussart nur eine Notlösung darstellt. Sie ist störempfindlich und solle daher nur bei kurzen Kabeln <1m verwendet werden. Encoder, die keine differentiellen Treiber besitzen, können nachträglich aufgerüstet werden. Unter der Bezeichnungg „HEDS-Driver“ kann eine kleine Adapterplatine bezogen werden, die direkt an die Anschlüsse von Encodern des Typs HEDS-5xxx oder kompatiblen passt. Zur Verbindung mit dem SPEEDCUBE kann dann ein 1:1 Ethernet Patchkabel verwendet werden.

Sin/Cos-Inkrementalencoder (analog)

Analoge Inkrementalencoder haben die gleiche Pinbelegung wie digitale, mit dem Unterschied, dass die Signale A+/A- und B+/B- Sinusform anstatt Rechteck haben. Die Signale sollten einen Pegel von 1Vss (Spitze-Spitze differentiell) haben. Für ältere Encoder von Heidenhain mit 11µA-Signalen ist ein Adapter zur Anpassung auf Anfrage erhältlich.

Absolutencoder

Für Absolutencoder von SanyoDenki, Mitsubishi oder Benezan Electronics wird der gleiche Anschluss wie für Inkrementalencoder verwendet (silberne RJ45-Buchse auf der LED-Seite). Die Pinbelegung ist für beide Typen gleich, nur das Software-Protokoll ist unterschiedlich und muss in der Parametereinstellungs-Software ausgewählt werden.

Absolutencoder RJ-45 Buchse		Aderfarbe (Patchabel)	Aderfarbe (Motor)	M12 Stecker
1	(unbenutzt)	weiss/orange	-	
2	(unbenutzt)	orange	-	
3	(unbenutzt)	weiss/grün	-	
4	Datenbus - (RS485)	blau	blau	2
5	Datenbus + (RS485)	weis/blau	braun	1
6	(unbenutzt)	grün	-	
7	+5V Versorgung Ausgang, max 150mA	weiss/braun	rot	3
8	GND (Signalmasse)	braun	schwarz	4
-	Abschirmung			5

Resolver

Für Resolver wird die gegenüberliegende RJ45-Buchse auf der Seite mit den Leistungsanschlüssen verwendet. Pin 1 ist auf der Unterseite, Pin 8 oben in Richtung der SUBD-Buchse.

Resolver RJ-45 Buchse		Aderfarbe
8	(unbenutzt)	braun
7	(unbenutzt)	weiss/braun
6	Sekundärspule Eingang Cosinus+	grün
5	Primärspule Ausgang -	weis/blau
4	Primärspule Ausgang +	blau
3	Sekundärspule Eingang Cosinus-	weiss/grün
2	Sekundärspule Eingang Sinus-	orange
1	Sekundärspule Eingang Sinus+	weiss/orange

Glasmaßstäbe und magnetische Maßstäbe

Inkrementelle Glas- und magnetische Maßstäbe (digital oder analog) werden gleich wie inkrementelle Encoder angeschlossen. Absolut messende Längenmeßsysteme werden nicht unterstützt. Wenn der Maßstab analog arbeitet, jedoch schon mit einem Interpolator (bei Heidenhain „Exe“ genannt) ausgerüstet ist, sollte der Interpolator entfernt, und der Analogausgang des Maßstabs direkt an den SPEEDCUBE Servoregler angeschlossen werden. Hierdurch wird eine höhere Auflösung erreicht.

Bei Verwendung von linearen Maßstäben zusammen mit rotatorischen Motoren muss darauf geachtet werden, dass die mechanische Übertragungsstrecke spielfrei und möglichst steif (Kugelgewinde mit vorgespannter Spindelmutter) ist. Bei Spiel oder zu elastischer Kraftübertragung ist kein stabiles Regelverhalten erreichbar.



Abbildung 3: Steuer- und Encoderanschluss, Status-LEDs

3.5 Steueranschluss

Der Anschluss der Befehls- bzw. Sollwertsignale (Schritt und Richtung) erfolgt an der schwarzen RJ-45-Buchse zwischen LEDs und Inkrementalencoderanschluss. Der SPEEDCUBE Servoregler kann direkt mit handelsüblichen

Ethernet-Patchkabeln (1:1, kein Crossover bzw. X!) an die das Breakout-Board von Benezan Electronics angeschlossen werden. In diesem Fall brauchen Sie den Rest des Abschnitts nicht weiter beachten. Andernfalls zeigt die untenstehende Tabelle die Belegung des Command-Anschlusses. Die Aderfarben gelten bei Verwendung von handelsüblichen Cat5 Ethernet-Patchkabeln (z.B. von Reichelt). Pin 1 liegt auf der Seite der LEDs (im Bild oben).

Command RJ-45 Buchse		Aderfarbe
1	Freigabe Eingang	weiss/orange
2	GND (Signalmasse)	orange
3	Schritt Eingang –	weiss/grün
4	Richtung Eingang +	blau
5	Richtung Eingang –	weis/blau
6	Schritt Eingang +	grün
7	Statusausgang	weiss/braun
8	GND (Signalmasse)	braun

Der Steueranschluss ist galvanisch vom restlichen Regler und den anderen Anschlüssen isoliert. Für die Schritt- und Richtungssignale wird empfohlen, differentielle Signale (RS422) zu verwenden, um die Störfestigkeit zu erhöhen. Falls nur einfache Signale (TTl oder CMOS) zur Verfügung stehen, muss das Signal am negativen Eingang (Pin 3 bzw. 5) angeschlossen werden. Der unbenutzte, positive Eingang muss dann mit +5V belegt werden. Eine genaue Definition des Timings und der Signalpegel steht im Kapitel „Technische Daten“ am Ende des Handbuchs.

3.6 Statusanzeige

Der Regler besitzt insgesamt 4 Leuchtdioden. Im Bild oben in der Mitte befindet sich die Power-LED (gelb). Sie zeigt an, ob der Leistungsteil unter Spannung steht. Rechts sind drei LEDs (rot, gelb, grün), die den momentanen Zustand des Steuerteils anzeigen. Die Bedeutung der möglichen Kombinationen sind in folgender Tabelle aufgelistet. Fehlercodes werden durch unterschiedliche Blinksignale dargestellt. Eine genauere Analyse ist mit Datenübertragungsabel (ProgPlug) und PC-Software möglich. Der als letztes aufgetretene Fehler kann mit dem Befehl „LERR“ im Klartext angezeigt werden. Mit dem Befehl „RERR“ wird der Fehlerstatus zurückgesetzt. Ist kein Datenübertragungsabel angeschlossen, muss der Regler ausgeschaltet werden, um den Fehler zu löschen.

Farbkombination	**Bedeutung**	**Fehler-Nr.**	**Ursache / Erklärung**
-	ausgeschaltet	-	Betriebsspannung zu niedrig
gelb Dauerlicht	Standby	-	Freigabe aus, Motor stromlos, Regelung inaktiv
grün Dauerlicht	normaler Betrieb	-	Freigabe an, Positionsregelung aktiv, Motor bestromt
rot blinkt kurz	Unterspannung	2	Betriebsspannung niedriger als Parameter VMIN
rot blinkt lang	Überspannung	1	Betriebsspannung höher als Parameter VMAX
rot dauer, gelb kurz	Überstrom	3	Motorstrom überschreitet Parameter IMAX
rot dauer, gelb lang	Kurzschluss	4	Kurzschluss am Motoranschluss
gelb dauer, rot kurz	Untertemperatur	6	Betriebstemperatur zu niedrig
gelb dauer, rot lang	Übertemperatur	5	Betriebstemperatur zu hoch
rot lang, gelb kurz	Motor Überlast	7	I^2t Schutz für Motor
gelb lang, rot kurz	Encoder Fehler	8	Sensorsignal fehlerhaft
rot Dauerlicht	Schleppfehler	9	Positionsabweichung zu groß
Lauflicht rot-gelb-grün	Parameterfehler	-	Parameter nicht oder unzulässig eingestellt (FLAG Bit2 nicht gesetzt) oder EEPROM defekt (Checksummenfehler)

3.7 Zusäzliche IO-Signale

An der 15-poligen SUBD-HD-Buchse auf der rechte Seite sind zusätzliche Ein/Ausgabesignale verfügbar. Die Digitalsignale sind über Optokoppler galvanisch isoliert. Die Analogsignale sind nicht galvanisch getrennt, aber differentiell mit weitem Common-Mode-Bereich ausgelegt.

Pin-Nr.	Beschreibung
1	Enable Eingang
2	Limit Eingang
3	Stop Eingang
4	(unbenutzt)
5	gemeinsame Masse für Eingänge Pins 1-3
6	Limit Ausgang
7	Ready Ausgang
8	(unbenutzt)
9	Spannungsversorgung für Ausgänge (+5..24V)
10	gemeinsame Masse für Ausgänge
11	Analogeingang 1 +
12	Analogeingang 1 -
13	Analogeingang 2 +
14	Analogeingang 2 -
15	Signalmasse für Analogeingänge

Die Analogeingäng können optional für Drehzahl- oder Drehmomentregelung mit einem +/-10V Signal anstelle des Schritt-/Richtungseingänge verwendet werden. Derzeit noch nicht unterstützt.

4 Parametereinstellung vorläufig

Es folgt eine Kurzanleitung, wie ein neuer Motor mit teilweise unbekannten Parametern am SPEEDCUBE Servoregler konfiguriert werden kann. Da die Software für ein vollautomatisches Autotuning noch nicht fertig gestellt ist, müssen die einzelnen Schritte manuell mit Hilfe eines Terminalprogramms durchgeführt werden. Es wird empfohlen, das Tuning mit dem Programm „UHU.exe" durchzuführen, da dieses über eine Oszillogramm-Anzeige verfügt. Damit können Messwerte wie z.B. Schleppfehler oder Motorstrom in Echtzeit angezeigt werden.

4.1 Softwareinstallation

Es ist keine spezielle Installation der Software nötig. Das Programm „UHU.exe" kann aus einem beliebigen Verzeichnis gestartet werden. Der Programmieradapter „ProgPlug" muss nur noch mit einem USB-Kabel mit Mini-USB-Stecker mit dem PC verbunden werden. Der weisse 5-polige Stecker des ProgPlug wird auf die Stiftleiste auf der linken Seite des SPEEDCUBE Servoreglers verbunden (unter den LEDs zwischen „Feedback"- und „Command"-Schnittstelle). Die Schnittstelle ist galvanisch getrennt, und hot-plug-fähig, darf also auch an- und abgesteckt werden, während PC und Regler eingeschaltet sind.

Falls der Treiber für den USB-seriell-Wandler bei Ihrer Windows-Version noch nicht enthalten ist, fordert Windows Sie beim ersten Einstecken automatisch zur Treiberinstallation auf. Sie können den Treiber bei folgender Adresse herunterladen und wie gewohnt installieren:

http://www.parallax.com/ProductInfo/Accessories/USBDrivers/tabid/530/Default.aspx

Beim ersten Start des Programms müssen Sie die Nummer des seriellen Ports (z.B. COM3) eingeben. Wenn der Computer mehrere COM-Schnittstellen besitzt, können Sie die richtige mit dem Gerätemanager nachschauen. Der Adapter ist in der Rubrik „Anschlüsse (COM und LPT)" unter dem Namen „USB Serial Port" sichtbar.

Zum Testen der Verbindung können sie im Terminalfenster die Return-Taste drücken, oder ein „?“ (und Return) eingeben. Der Servoregler antwortet dann mit einem „>“ oder gibt einen kurzen Hilfetext aus.

4.2 Allgemeines

Eine genaue Kenntnis aller Parameter und deren Bedeutung kann nur von Fachleuten verstanden werden, und ist dem typischen Anwender nicht zuzumuten. Ziel ist es, später eine Applikation für PCs (Windows) anzubieten, mit der alle Einstellungen mit einer grafischen Oberfläche durchgeführt werden können. So viele Parameter wie möglich (im Idealfall alle, die nicht auf dem Typenschild des Motors stehen) sollen durch Autotuning ermittelt werden können.

Bei der weiter unten folgenden Anleitung wird ein gewisses technisches Verständnis der Regelungstechnik und Elektrotechnik vorausgesetzt. Erfahrung bei der Einstellung der Regelparameter beim UHU-Servo ist von Vorteil.

Auf den ersten Blick erscheint es, dass im Vergleich zum UHU sehr viel mehr Parameter einzustellen sind. Im Gegensatz zu dort wurden die Parameter aber hier nicht als dimensionslose, „abstrakte“ Zahlen, sondern als konkrete physikalische Größen ausgedrückt, die auch nachgemessen oder theoretisch berechnet werden können. Während z.B. beim UHU bei Änderung der Betriebsspannung alle Regelparameter neu bestimmt werden müssen, da sich die effektive Gesamtverstärkung ändert, passt sich der SPEEDCUBE-Regler durch Messung der Spannung automatisch an. Bei Änderung des Last-Trägheitsverhältnisses muss nur ein einziger Parameter angepasst werden. Darüber hinaus können viele Werte durch Autotuning ermittelt werden, so dass die Parametereinstellung in der Praxis sogar einfacher wird.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde den Parametern Namen mit maximal vier Buchstaben vergeben. Die Anzahl der Parameter kann so später leicht erweitert werden, ohne dass Konflikte entstehen. Wie beim UHU werden Parameter durch Klartextbefehle gesetzt. Beispiel:

VMAX=80

bedeutet, dass die maximale Betriebsspannung 80V betragen soll. Es sind auch Dezimalbrüche erlaubt. Z.B. bedeutet

MOTI=4.5

dass der Motornennstrom 4,5A beträgt. Es gibt auch Befehle, die keinen Zahlenwert benötigen, sondern nur eine Aktion auslösen. Dazu später mehr. Der Befehl „LIST“ listet alle Parameter mit den derzeitigen Werten auf. Mit „?“ wird eine kurze Hilfe angezeigt.

4.3 System- und Motorparameter

Zunächst müssen die Systemparameter und diejenigen Motorparameter eingegeben werden, die nicht automatisch ermittelt werden können.

Name	Bereich	Einheit	Beschreibung
VMAX	48..175	V	Betriebsspannung Obergrenze
VMIN	24..100	V	Betriebsspannung Untergrenze
MOTV	24..200	V	Motor Nennspannung (Phase-Phase)
MOTI	1..20	A	Motor Nenstrom (je Phase)
MOTT	0,1..1000	Nm	Motor Nenndrehmoment
MTTH	1..600	s	Motor thermische Zeitkonstante
TLIM	100..500	%	Drehmomentbegrenzung (Spitzenstrom/Dauerstrom)

Die Unter- und Obergrenze der Betriebsspannung richtet sich nach dem Netzteil. Sie sollte mindestens 10% niedriger bzw. höher als die Nennspannung gewählt werden. Bei unstabilisierten Netzteilen sollte die Toleranz eher noch größer gewählt werden. Nennspannung und Nennstrom sind in der Regel auf dem Typenschild aufgedruckt. Ist die Nennspannung nicht angegeben, muss sie aus der Nenndrehzahl und der Motorspannungskonstante berechnet werden (1rad/s = 30/pi Umdrehungen/min). Ist das Nenndrehmoment nicht angegeben, muss es aus Nennstrom und Drehmomentkonstante berechnet werden. TLIM gibt das Verhältnis des Spitzenstroms zum Nennstrom (zul. Dauerstrom) an. Falls der zulässige Spitzenstrom kleiner als 20A ist (max. Strom des Reglers) besteht sonst die Gefahr, dass der Motor entmagnetisiert wird. Falls der Spitzenstrom unbekannt ist, stellen Sie 200% ein, da dies praktisch alle Motoren unbeschadet aushalten. Falls die thermische

Zeitkonstante in den Motordaten nicht angegeben ist, tragen Sie hier als geschätzten Wert eine Minute je 1kg Motormasse ein.

4.4 Stromregelung

Die Parameter für den Stromregler können mit Autotuning eingestellt werden. Der Motor muss dazu ohne Last frei drehen können. Falls der Motor an einer Maschine montiert ist, muss er entweder ausgebaut werden, oder der Antiebsriemen oder die Wellenkupplung muss entfernt werden.

Geben Sie dann den Befehl „TUNI" ein. Der Motor bewegt sich dann kurz bis zu einer halben Umdrehung, und es werden Wicklungswiderstand und Induktivität angezeigt. Die folgenden Parameter werden dabei automatisch auf die gemessenen bzw. berechneten Werte gesetzt:

Name	Bereich	Einheit	Beschreibung
MOTR	0..10	Ω	Motor Wicklungswiderstand (Phase-Phase)
MOTL	0,1..20	mH	Motor Wicklungsinduktivität (Phase-Phase)
IKP	1000..24000	1/s	Stromregelung Proportionalverstärkung
ITI	0..100	ms	Stromregelung Nachstellzeit
IFF	0..100	%	Stromregelung Feed Forward

Diese Stromregelparameter müssen eingestellt sein, bevor mit weiteren Einstellungen fortgefahren wird, weil für alle anderen Aktionen eine funktionierende Stromregelung vorausgesetzt wird.

4.5 Encoderparameter

Als nächstes müssen die Parameter für den Positionssensor (Encoder, Resolver oder Linearmaßstab) eingestellt werden.

Name	Bereich	Einheit	Beschreibung
ETYP	0..3	-	Feedback Typ: 0=Incremental, 1=Sin/Cos, 2=Resolver, 3=Absolut SanyoDenki, 4=Absolut Benezan Electronics, 5=Absolut Mitsubishi
ECPR	360..60000	-	Encoder Striche/Umdrehung
MPOL	1-50	-	Motor Polpaaranzahl
EANG	0..360	°	Winkeloffset für Absolutencoder und Resolver
FLAG	0..15	-	Bit0: Encoder Drehrichtung umpolen Bit1: Richtungseingang umpolen

Zuerst muss lediglich der Sensortyp eingegeben werden. Alle anderen Werte können (halb-) automatisch ermittelt werden. Nach Einstellung von ETYP geben Sie dazu den Befehl „TSTE" ein. Markieren Sie jetzt die Stellung der Motorwelle mit einem Strich oder Aufkleber, ohne den Motor dabei zu verdrehen. Notieren Sie sich den zuletzt bei „stop=" angezeigten Wert (A1). Führen Sie jetzt den Befehl „TSTE" wiederholt aus, solange bis der Motor genau eine Umdrehung ausgeführt hat. Notieren Sie sich jetzt den letzten bei „stop=" ausgegebenen Wert (A2). Die (positive) Differenz |A2-A1| der beiden hexadezimalen Werte geteilt durch 4 ergibt die Strichzahl des Encoders. Durch Reibungseffekte können geringfügige Ungenauigkeiten entstehen. Runden Sie den Wert zur nächsten üblichen Strichzahl. Gebräuchliche Werte sind: 360, 400, 500, 512, 720, 1000, 1024, 1200, 1800, 2000, 2048, 2500, 3600. Bei Absolutencodern muss ca. 131072 und bei Resolvern 65536 heraus kommen. Die Anzahl der Wiederholungen des Befehls „TSTE", bis eine Umdrehung ausgeführt wurde, ist gleich der Polpaarzahl „MPOL" des Motors. Falls die Differenz A2 – A1 negativ ist, muss die Drehrichtung umgekehrt werden, indem FLAG=1 gesetzt wird, ansonsten ist FLAG=0.

Inkrementalencoder

Bei inkrementellen Encodern (sowohl digital als auch analog) ist nach dem Einschalten die Lage des Rotors unbekannt. Es werden nur relative Bewegungen erkannt, indem Striche gezählt werden. Die absolute Rotorlage ist bei bürstenlosen Motoren aber zur elektronischen Kommutierung der Wicklungen wichtig. Der Regler führt deshalb einmal nach dem Einschalten ein sogenanntes „Autophasing" durch, bei dem die Rotorlage durch kurze Stromimpulse gemessen wird. Um die optimale Pulsdauer und Stromstärke zu ermitteln, muss das Rotorträgheitsmoment „MOTJ" und das Lastverhältnis „JRAT" bekannt sein. Das Rotorträgheitsmonet kann bei frei drehendem Motor mit dem Befehl „TUNJ" ermittelt werden. noch nicht implementiert

Resolver und Absolutencoder

Bei absolut messenden Positionssensoren ist kein Autophasing erforderlich. Bei Absolutencodern (SanyoDenki) muss der Parameter ECPR immer auf 32768 gestellt werden (Auflösung 17 Bit geteilt durch 4). Der Winkeloffset zwischen der Nullstellung des Encoders/Resolvers und den Motorwicklungen ergibt sich aus dem oben ermittelten Wert A1 nach der Formel

EANG = A1 / ECPR * MPOL * 90

Falls das Ergebnis <0 oder >360 ist, muss solange 360 addiert oder subtrahiert werden, bis der Wert zwischen 0 und 360 liegt.

4.6 Geschwindigkeitsregler

Die Regelparameter des Geschwindigkeitsregler können ähnlich wie die des PID-Reglers beim UHU eingestellt werden. Falls noch nicht geschehen, muss zuerst das Rotorträgheitsmoment „MOTJ“ manuell eingestellt werden (falls bekannt) oder alternativ mit dem Befehl „TUNJ“ bei frei drehendem Motor ohne Last ermittelt werden.

Das eigentliche Tuning des Geschwindigkeitsreglers sollte mit Last erfolgen, d.h. der Motor muss mit der Maschine verbunden sein. Da beim Tuning jedoch unter Umständen starke Vibrationen oder unkontrollierte Bewegungen auftreten können, ist dies möglicherweise gefährlich. Es wird deshalb empfohlen, zunächst ein „Probetuning“ ohne Last durchzuführen.



Achtung! Befestigen Sie den Motor unbedingt so, dass er weder herunterfallen noch sonst irgendwelche gefährlichen Bewegungen ausführen kann. Halten Sie sich während des Tunings aus dem Gefahrenbereich fern. Überprüfen Sie vorher die ordnungsgemäße Funktion des Not-Aus-Schalters, um bei Bedarf den Regler jederzeit sofort abschalten zu können.

Stellen Sie die Regelparameter zuerst auf niedrige Werte ein. Empfehlenswerte Startwerte sind VKP=50, VTI=0 und VTD=10. Aktivieren Sie das Oszillogramm mit dem Befehl „WAVE=7“. Hierdurch wird der Reglerausgang (Drehmoment Sollwert) auf dem Bildschirm entlang der Zeitachse angezeigt. Mit dem Befehl „TUNV“ wird der Geschwindigkeitsregler aktiviert und eine kleine Störgröße auf den Reglereingang geführt. Aus der Reaktion des Reglers können die notwendigen Maßnahmen abgelesen werden.

Anleitung mit Beispielbildern einfügen

4.7 Positionsregler

Der Positionsregler vergleicht Soll- und Istposition und gibt ein entsprechendes Signal an den untergeordneten Geschwindigkeitsregler aus. Da der Positionsregler als reiner P-Regler ausgeführt ist, wird ein zur Geschwindigkeit proportionaler Schleppfehler erzeugt. Damit dies bei mehreren Achsen nicht zu Bahnabweichungen kommt, sollten die Verstärkungen „PKP“ der P-Regler aller Achsen gleich eingestellt werden. Da nur ein einziger Parameter eingestellt werden muss, ist das Tuning relativ einfach. Als Faustregel kann man für PKP etwa 30% von VKP einstellen. Um eine höhere Steifigkeit zu erreichen, kann man den Wert vorsichtig erhöhen. Falls Schwingungen oder zu starke Geräusche auftreten, verringert man den Wert.

Mit dem Feed-Forward-Parameter kann man den Schleppfehler stark reduzieren. Aus dem Positionssollwert kann durch Ableitung ein Geschwindigkeitssollwert „im voraus“ berechnet werden, ohne dass dazu auf eine Positionsabweichung gewartet werden muss. Der Regler reagiert mit Feed-Forward deshalb schneller. Gute Werte für PFF liegen zwischen 50 und 85%. Falls das Sollwertsignal (Schritt/Richtungs-Eingang) jedoch zu grob aufgelöst (hoher Multiplikator) oder zuviel Jitter[1] beinhaltet, kann Feed-Forward zu erhöhten Geräuschen führen, und sollte dann besser verringert oder ganz weggelassen werden.

Die Funktion des Positionsreglers kann mit dem Oszillogramm überprüft werden. Mit dem Befehl „WAVE=1“ wird der Schleppfehler (Differenz zwischen Soll- und Istposition) angezeigt.

MIT PMUL kann ein Multiplikationsfaktor für den Schritt-Eingang angegeben werden. Dies ist dann erforderlich, wenn die Pulsfrequenz der CNC-Steuerung begrenzt ist (LPT-Port max. 50..100kHz) oder der Encoder eine unnötig hohe Auflösung hat. Um die Drehrichtung (Richtungseingang) umzukehren, kann das Bit 1 des Parameters „ FLAG“ gesetzt werden (d.h. aus 0 oder 1 wird 2 oder 3).

1 Jitter: ungenaues Timing, unregelmäßger zeitlicher Abstand aufeinanderfolgender Impulse

4.8 Abschluss

Zum Abschluss sollte das Bit 2 des Parameters „FLAG“ auf 1 gesetzt werden (4 addieren). Dies erlaubt die Freigabe des Reglers mit dem Enable-Signal. Damit der Regler nicht aus Versehen aktiviert wird, bevor die Parameter richtig eingestellt sind, ist dieses Flag im Grundzustand gelöscht.

Bit 3 (8 addieren) des FLAG-Parameters legt fest, ob bei jedem Einschalten des Enable-Signals die Positionsabweichung zurückgesetzt wird (0) oder beibehalten wird (1). Das Rücksetzen hat den Vorteil, dass keine plötzliche Bewegung auftritt, auch wenn der Antrieb während Enable=0 durch Fremdeinwirkung oder Schwerkraft verstellt wurde. Der Nachteil ist, dass der Positionswert verloren geht, und eigentlich eine erneute Referenzfahrt nötig wird.

Sind alle Parameter eingestellt, müssen diese mit dem Befehl „SAVE“ im EEPROM gespeichert werden. Zusätzlich sollte eine Kopie der Parameter auf dem PC gespeichert oder ausgedruckt werden, um bei einem eventuellen Austausch des Reglers das Tuning nicht noch einmal durchführen zu müssen.

5 Technische Daten

5.1 Absolute Grenzwerte

Folgende Parameter dürfen unter keinen Umständen überschritten werden, um eine Beschädigung des Geräts zu verhindern:

Parameter	min.	max.	Einheit
Betriebspannung (Leistungsendstufe)	0 -370	260 +370	V~ V=
Steur-Betriebsspannung	-0,5	40	V
Lagertemperatur	-40	+85	°C
Betriebstemperatur (Umgebung)	-20	+70	°C
Spannung an Signaleingängen	-6	+6	V
			V
			mA
Spannung Encoderanschluss (bel. Pin gegen GND)	-0,5	+5,5	V
Potentialdifferenz zw. Versorgungsspannung und Signaleingängen (Optokoppler)	-100	+100	V

5.2 Elektrische Anschlußwerte

Parameter	min.	max.	Einheit
Betriebspannung (Motorendstufe)	24 24	250 350	V~ V=
Steuer-Betriebsspannung	+20	+36	V
Stromaufnahme ohne Motor und Encoder		100	mA
Motordauerstrom (je Phase)		6	A
Motorspitzenstrom (kurzzeitig)		10	A
Umgebungstemperatur	0	+50	°C
Versorgungsspannungsausgang für Encoder	4,75	5,25	V
Stromaufnahme Encoder	0	150	mA
Pegel logisch 0 für Signaleingänge	-5	+0,8	V
Pegel logisch 1 für Signaleingänge	+3	+5,5	V
Pegel logisch 0 für Statusausgang		0,8	V
Stromaufnahme Signaleingänge bei +5V	4	12[2]	mA
Stromaufnahme Signaleingänge bei +3,3V	3	6	mA
Impulsbreite für Schrittsignal	0,5		µs
maximale Schrittfrequenz		1,5	MHz
Setup-Zeit Richtungssignal gültig bis Schritt[3]	0		µs
Ansprechschwelle Übertemperatur	+70	+85	°C
Baudrate COM-Schnittstelle	38400		Bd
Leitungsquerschnitt für Klemmen (Leistung)	0,5	2,5	mm²

2 Dies ist der maximale Strom, der beim direkten Anlegen von 5V fliesst. Ein normaler CMOS-Treiber (z.B. 74HC245) mit 8mA Treiberleistung reicht bei 4,5V noch sicher aus, den Eingang anzusteuern.

3 Schritt wird ausgeführt bei steigender Flanke, d.h. Übergang von logisch 0 nach logisch 1

6 Anhang

6.1 Anschlussbelegungen gängiger Motortypen

Lenze MDS...

Motorstecker M23 6-polig	
3	PE
4	U
5	V
6	W

Resolverstecker M23 12-polig		Aderfarbe RJ45-Kabel
1	Primärspule -	weis/blau
2	Primärspule +	blau
4	Sekundärspule Sinus+	weiss/orange
5	Sekundärspule Sinus-	orange
6	Sekundärspule Cosinus+	grün
7	Sekundärspule Cosinus-	weiss/grün
11	Temperatursensor KTY (PTC 1kΩ bei 25°C)	-
12		-

MOOG G400 und BOSCH Rexroth SG-B...

Motorstecker M23 6-polig	
3	PE
1	U
2	V
4	W
5	Bremse (optional)
6	

Resolverstecker M23 12-polig		Aderfarbe RJ45-Kabel
7	Primärspule -	weis/blau
8	Primärspule +	blau
1	Sekundärspule Sinus+	weiss/orange
2	Sekundärspule Sinus-	orange
3	Sekundärspule Cosinus+	grün
4	Sekundärspule Cosinus-	weiss/grün

SanyoDenki R2, Q1

Motorkabel:

Pin	Signal	Aderkennzeichnung
1	Phase U	1, rot
2	Phase V	2, weiß
3	Phase W	3, schwarz
⏷	PE, Abschirmung	gelb/grün

Absolutencoder 17 Bit:

M12-Sensortecker 5-polig		Aderfarbe motorseitig	Aderfarbe kabelseitig
1	D+	braun	weiss oder weiss/blau
2	D-	blau	blau
3	+5V	rot	rot oder weiss/braun
4	GND	schwarz	schwarz oder braun
5	PE	Schirm (blank)	Schirm (blank)

BL3A von Benezan

Motorkabel:

Pin	Signal	Aderkennzeichnung
1	Phase U	1, rot
2	Phase V	2, weiß
3	Phase W	3, schwarz
⏷	PE, Abschirmung	gelb/grün

Absolutencoder 14 Bit:

M12-Sensortecker 5-polig		Aderfarbe motorseitig	Aderfarbe kabelseitig
1	D+	braun	weiss oder weiss/blau
2	D-	blau	blau
3	+5V	rot	rot oder weiss/braun
4	GND	schwarz	schwarz oder braun
5	PE	Schirm (blank)	Schirm (blank)